

7.E4387-04

MANUFACTURE OF JOINTED BODY OF ELECTROLYTIC FILM AND ELECTRODE

Patent number: JP7147162
Publication date: 1995-06-06
Inventor: HAGA TETSUYA; others: 02
Applicant: TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
Classification:
- international: H01M8/02; H01M8/10
- european:
Application number: JP19920197603 19920630
Priority number(s):

Abstract of JP7147162

PURPOSE: To increase contact area and improve adhesion by applying a mixture of a solid polymer electrolytic solution and the main component particle of a gas diffused electrode onto one surface of a reactive layer, and hot-pressing this to the solid polymer electrolytic film.

CONSTITUTION: A paste in which a solid polymer electrolytic solution is mixed with the main component particle of a gas diffused electrode is applied. This is hot-pressed to connect the solid polymer electrolytic film with the gas diffused electrode. In the initial stage of the hot press, the main component particle of the gas diffused electrode wetted by the solution of the solid polymer electrolyte is deeply bitten into the diffused electrode and the electrolytic film. Since the surface of the electrolytic film is softened by the solvent in the solid polymer electrolytic solution, the connecting area of the electrolytic film and the diffused electrode is increased. In the latter half of the hot press, the solvent is evaporated, and the main component particle of the diffused electrode is firmly solidified by the solid polymer electrolyte. Therefore, the contact area between the diffused electrode and the electrolytic film is increased, and the adhesion between the both is improved.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

7、E4387-04

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-147162

(43)公開日 平成7年(1995)6月6日

(51) Int.Cl.
H 01 M 8/02
8/10

識別記号 庁内整理番号
E 9444-4K
P 9444-4K
9444-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平4-197603

(22)出願日 平成4年(1992)6月30日

(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1
(72)発明者 芳賀 哲哉
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 大矢 直
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 朝岡 寛彦
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(54)【発明の名称】 電解質膜と電極との接合体の製造方法

(57)【要約】

【目的】 固体高分子電解質膜と電極との接触面積が大きく、接合状態が良好な固体高分子電解質膜と電極との接合体を製造する方法を提供する。

【構成】 一対のガス拡散電極の少なくとも一方の電極の固体高分子電解質膜と接合する面に、上記電解質の溶液と電極を構成する主成分の粒子との混合物を塗布し、その後塗布した面に電解質膜を配置し、ホットプレスする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体高分子電解質膜の両側に、ガス拡散層と反応層とからなる一対のガス拡散電極の反応層側を接合してなる接合体を製造する方法において、少なくとも一方の反応層の固体高分子電解質膜と接合する側に、固体高分子電解質の溶液とガス拡散電極を構成する主成分の粒子とを混合した混合物を塗布する第1工程と、これらと固体高分子電解質膜とをホットプレスする第2工程とよりなることを特徴とする電解質膜と電極との接合体の製造方法。

【請求項2】 固体高分子電解質膜の両側に、ガス拡散層と反応層とからなる一対のガス拡散電極の反応層側を接合してなる接合体を製造する方法において、少なくとも一方のガス拡散層単体の固体高分子電解質膜と接合する側に、固体高分子電解質の溶液と触媒を担持したガス拡散電極を構成する主成分の粒子とを混合した混合物を塗布する第1工程と、これらと固体高分子電解質膜とをホットプレスする第2工程とよりなることを特徴とする電解質膜と電極との接合体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、燃料電池あるいは水の電気分解装置等に利用できる、固体高分子電解質膜と電極との接合体を製造する方法に関するものである。

【0002】

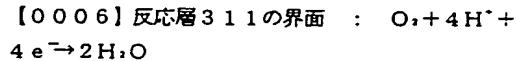
【従来の技術】 燃料電池は、資源枯渋が心配される化石燃料を使用しないクリーンな発電装置である。しかも、騒音をほとんど発生せず、さらに他のエネルギー機関と比べてエネルギー効率が非常に高いため、ビルディングや工場等の電力を賄う発電プラントとして利用されている。

【0003】 近年、環境問題が重要な社会問題の一つになり、化石燃料を用いる車載用内燃機関をモーターに代え、その電源としてこの燃料電池を利用しようという動きが活発になってきた。車載用の燃料電池というのは、安全性や環境の問題は当然のこととして、余り大きな出力は必要ではないものの、可能な限り小型であることが望ましい。このような点より、高出力密度を特徴とする固体高分子電解質膜燃料電池が注目されている。

【0004】 この固体高分子電解質膜燃料電池について図1に示す例により説明する。電池本体1は、固体高分子電解質膜2の両側に一対のガス拡散電極31、32を接合することにより構成されている。この接合体1は、固体高分子電解質膜2の両側に上記ガス拡散電極31、32を合わせた後、ホットプレス等により製造されている。また、ガス拡散電極31(32)は、それぞれ反応層311(321)とガス拡散層312(322)とが接合したものであり、電解質2とは反応層311(321)

1) の表面が接触している。電池反応は、ガス拡散層312(322)を通過した反応ガスが電解質膜2と反応層311(321)との接触面に到達して起こる。

【0005】 例えば、一方のガス拡散電極31を酸素極、他方のガス拡散電極32を水素極とし、それぞれのガス拡散層312、322を介して酸素および水素を反応層311、321側に供給すると、各反応層311、321と電解質膜2との界面で以下の反応が起こる。



【0007】 ここで、 H^+ は電解質膜2を通じて水素極から酸素極へ流れるが、 e^- は負荷4を通じて水素極から酸素極へ流れることになり、電気エネルギーが得られる。なお、反応層311(321)には、一般に上記反応を促進させるために白金族金属等よりなる触媒が分散されている。

【0008】 上記の構成の燃料電池本体1の小型化を追求し性能を向上させるためには、電池反応が起こる電解質膜2とガス拡散電極31、32の反応層311、321との接触面を可能な限り大きくして電池の出力密度を向上させることが重要である。さらに、その接触面を安定に維持するための良好な接合状態を実現しなければならない。これは水の電気分解等を行う場合にも同様である。

【0009】 従来、固体高分子電解質膜とガス拡散電極とを接合する際には、種々の温度および圧力条件で両者を単純にホットプレスすることが一般的になされており、一部改良も進められている。例えば、最近では、

(1) 固体高分子電解質膜をアルコール等で軟化膨潤させつつホットプレスする(特開平3-208260号)、あるいは(2) 固体高分子電解質の溶液をあらかじめガス拡散電極の表面に塗布して電極の内部までしみ込ませた後これらと固体高分子電解質膜とをホットプレスする(USP 4,876,115, J. Power Source, 22(1988), 359等)という提案がある。(1)の方法では、軟化した固体高分子電解質にガス拡散電極がより深く入り込むため、電極-電解質界面が単純にホットプレスする方法よりも拡がる。また、電解質膜が溶液と接触して膨潤し薄くなるため、電気抵抗が低下するという副次的効果もある。また、(2)の方法では、電解質の溶液を電極の内部深くまで充填することができるため、電極-電解質界面は(1)の方法よりも更に拡がる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 電解質の溶液を電極の表面に塗布した場合、電解質が電極内へ入り込む深さは電極の孔隙構造に強く依存する。空隙率が非常に高い電極では電極の反応層のかなり深いところまで入り込むことが知られている。例えば、厚さ約100μmの電極に

対して約 $10\text{ }\mu\text{m}$ まで入り込む。しかし、通常の電極では空隙率がさほど高くないため深くまで電解質を入り込ませることはできない。

【0011】また、電極上に塗布する電解質の量は電極一電解質膜接合体（単電池）の電池特性に強く影響し、最適な電池特性を得るために電解質の塗布量を調整する必要がある。そのため、塗布する電解質の量を電極ごとに調べてその量を厳守しなければならない。さらに、塗布する電解質の量があまり多すぎると過剰の電解質の溶液が固化して電極上に膜を形成するため、電極上に電解質膜を配置してホットプレスすることは困難となる。

【0012】このように、電極の種類や電解質の溶液の塗布量によって電解質膜と電極との接合状態が大きく変化してしまい、これが電解質の溶液を塗布する方法の実用上の大きな支障となっている。

【0013】本発明の目的は、上記従来技術の問題に鑑みなされたものであり、電極の種類や電解質の溶液の塗布量等に制限されることなく、固体高分子電解質膜と電極との接触面積が大きく、接合状態の良好な固体高分子電解質膜と電極との接合体を製造する方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

（第1発明の構成）本第1発明は、固体高分子電解質膜の両側に、ガス拡散層と反応層とからなる一対のガス拡散電極の反応層側を接合してなる接合体を製造する方法において、少なくとも一方の反応層の固体高分子電解質膜と接合する側に、固体高分子電解質の溶液とガス拡散電極を構成する主成分の粒子とを混合した混合物を塗布する第1工程と、これらと固体高分子電解質膜とをホットプレスする第2工程によりなることを特徴とする電解質膜と電極との接合体の製造方法である。

【0015】（第2発明の構成）本第2発明は、固体高分子電解質膜の両側に、ガス拡散層と反応層とからなる一対のガス拡散電極の反応層側を接合してなる接合体を製造する方法において、少なくとも一方のガス拡散層単体の固体高分子電解質膜と接合する側に、固体高分子電解質の溶液と触媒を担持したガス拡散電極を構成する主成分の粒子とを混合した混合物を塗布する第1工程と、これらと固体高分子電解質膜とをホットプレスする第2工程によりなることを特徴とする電解質膜と電極との接合体の製造方法である。

【0016】

【作用】

（第1発明の作用）固体高分子電解質の溶液とガス拡散電極を構成する主成分の粒子とが混合したもの（溶液が含まれるためペースト状となる）を塗布した状態で固体高分子電解質膜とガス拡散電極とをホットプレスすることにより、ホットプレスの初期段階で、固体高分子電解質の溶液によりよく濡れたガス拡散電極を構成する主成

分の粒子が、ガス拡散電極および固体高分子電解質膜の両方に深くいい込む。また、固体高分子電解質溶液中の溶媒によって固体高分子電解質膜の表面が軟化するため、電解質膜とガス拡散電極との接合面積が増大する。そして、ホットプレスの後半段階で溶媒が蒸発するに伴い上記のガス拡散電極を構成する主成分の粒子は固体高分子電解質によって強固に固められる。このため、ガス拡散電極と固体高分子電解質膜との接觸面積が飛躍的に増大し、両者の密着性が向上する。

【0017】本第1発明の上記作用は電極の種類または上記混合物の塗布量等に左右されることなく発揮されるものである。

【0018】（第2発明の作用）本第2発明では、上記第1発明の作用を呈するとともに以下のように電解質膜と電極との接合と同時にガス拡散電極の反応層を形成することができる。

【0019】すなわち、ガス拡散層単体上に塗布する混合物中には、触媒を担持したガス拡散電極を構成する主成分の粒子が含まれている。第2工程のホットプレス時に上記ガス拡散電極を構成する主成分の粒子が電極を構成するとともにその中に触媒が分散するため反応層を形成することができる。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、電極の種類等に制限されることなく、ガス拡散電極と固体高分子電解質膜との接觸面積が大きく、接合状態が良好な固体高分子電解質膜と電極との接合体を製造することができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明をより具体的にした具体例を説明する。

【0022】（第1発明の具体例）本第1発明の固体高分子電解質膜と電極との接合体の製造方法は、電解質膜の両側に配置する一対のガス拡散電極の少なくとも一方の電極の反応層表面（電解質膜と接合する面）に、電解質の溶液と電極を構成する主成分の粒子とを混合したものを塗布し（第1工程）、これらと電解質膜とをホットプレスすることにより両者を接合する（第2工程）ものである。

【0023】本発明において、固体高分子電解質とは、水に不溶な高分子電解質をいい、例えばバーフルオロスルfonyl酸ポリマー（ナフィオン（NAFIION；商品名）等）等を挙げることができる。固体高分子電解質の溶液とは、ホットプレスの際に蒸発除去しうる溶媒に固体高分子電解質を溶解させたものである。溶媒としては、例えばエタノール、イソプロピルアルコール等の低級アルコール等が挙げられる。

【0024】ガス拡散電極を構成する主成分の粒子とは、炭素等よりなる粒子である。該粒子の平均粒径としては、数 $1.0\sim 10.0\text{ }\mu\text{m}$ の範囲が好ましい。この範囲であれば、電解質膜と電極とがより強固に接合する。

また、ガス拡散電極の反応層にさらに多くの触媒成分を分散させるために該電極を構成する主成分の粒子に触媒成分を担持させてもよい。この触媒の分だけ反応層の触媒反応面積が増大する。

【0025】固体高分子電解質の溶液と電極を構成する主成分の粒子（電極主成分粒子）との混合方法としては、めのう乳鉢等を用いて電極主成分粒子（触媒を分散させる場合には触媒も添加する）を電解質の溶液と室温でよく混練してペースト状とする方法がある。

【0026】混合物中の電解質と電極主成分粒子との配合割合としては、電解質／電極主成分粒子=0.5～4（重量比）の範囲が好ましい。この範囲であれば、良好かつ安定な電極特性を示す接合体を製造することができる。

【0027】上記混合物の形態が、電極主成分粒子の表面に電解質の薄膜が形成される状態になれば、電解質が電極反応時の物質移動を阻害せず、電極主成分粒子の導入により電解質と接触する電極表面積が増大する効果も最大限に発揮される。従って、混合物としてはペースト状が望ましい。

【0028】該混合物をガス拡散電極の反応層表面（固体高分子電解質膜と接合する表面）に塗布する方法としては、はけ塗りで充分であるが、電極面積が大きい場合には、スプレー・やディップ等の方法が望ましい。

【0029】また、上記混合物を塗布するガス拡散電極とは、反応層とガス拡散層とを接合してなるもの等、從来から知られているものでよい。

【0030】本第1発明では、ガス拡散層と反応層とよりなり、すでに電極を形成しているガス拡散電極の表面に上記混合物を塗布する。また、上記混合物を塗布するのは一対のガス拡散電極のうちの少なくとも一方とする。

【0031】ガス拡散層は、ガス透過性と電子伝導性とを兼ね備えたものであればよく、例えば、チタンメッシュ、ポリテトラフルオロエチレン等をバインダーとして炭素微粒子により成型したもの、カーボンクロス、カーボンベーパー等が挙げられる。

【0032】反応層は、從来一般に使用されている、触媒を担持した炭素微粒子をポリテトラフルオロエチレン等をバインダーとしてホットプレス成型したものが挙げられる。触媒は、從来一般に使用されている、白金族金属またはその酸化物や合金が挙げられ、炭素微粒子上に分散担持させたものがよい。該触媒は、コロイド法や含浸法等、從来より知られている方法で調製したものでよい。反応層には、層内の物質移動を調節する目的で構造修飾剤等を必要に応じて添加してもよい。該構造修飾剤としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレンに分散させた炭素微粒子等が挙げられる。

【0033】また、ガス拡散電極は、反応層、ガス拡散層とも空隙率が大きいものが望ましい。

【0034】また、本発明の電解質溶液と電極主成分粒子との混合物を反応層表面に塗布する前に、U.S.P. 4, 876, 115に記載のように、反応層表面に固体高分子電解質溶液を塗布しておくと電池等として利用した際の出力密度を向上させることができる。

【0035】第2工程では、上記ガス拡散電極に塗布した混合物の上に固体高分子電解質膜を配置してホットプレスする。すなわち、混合物を塗布したガス拡散電極と固体高分子電解質膜とを、塗布した混合物が中間に来るよう接觸させてホットプレスする。この場合、固体高分子電解質膜の両側に配置する一対のガス拡散電極のうちの一方ずつを別々にホットプレスしてもよく、同時にホットプレスしてもよい。固体高分子電解質膜は、例えばパーカルオロスルフオノ酸ポリマー（ナフィオン（Nafion；商品名）等）等の膜が挙げられる。

【0036】ホットプレスの条件としては、例えば、電解質膜がナフィオンである場合、温度25～150℃、圧力30～300kg/cm²、時間1～120分程度が好ましい。また、触媒を含む混合物を塗布する場合、電極性能への影響（特に物質移動への影響）を考慮してホットプレスの条件を適当に調節するのがよい。また、温度があまり高い（150℃以上）と、電解質膜が蒸発する溶媒によって汚染され褐色を呈することがある。なお、バインダーである電解質が強固に固まらないうちにホットプレス接合するのがよい。そのため、混合物中の溶媒が残存している間に、特に混合物の表面のみが乾燥している部分乾燥状態でホットプレスするようにするのがよい。

【0037】このホットプレスにより、混合物の固体高分子電解質は、配置した固体高分子電解質膜と電極主成分粒子との間に存在して、両者の接合を高めるバインダーとしての働きを呈する。

【0038】（第2発明の具体例）本第2発明の固体高分子電解質膜と電極との接合体の製造方法は、電解質膜の両側に配置する一対のガス拡散電極の少なくとも一方であって、ガス拡散層のみよりなる該ガス拡散層（ガス拡散層単体）の表面（電解質膜と接合する側）に、電解質の溶液と触媒を担持した電極を構成する主成分の粒子（電極主成分粒子）とを混合したものを塗布し（第1工程）、これらと電解質膜とをホットプレスすることにより両者を接合する（第2工程）ものである。

【0039】本第1発明では、ガス拡散層と反応層とを具備することによりすでに形成されたガス拡散電極の表面に電解質の溶液を含む混合物を塗布して接合体を形成したのに対して、本第2発明では、まだ電極を形成していないガス拡散層単体の表面に電解質の溶液を含む混合物を塗布して、反応層を形成するとともに電解質膜と電極とを接合するものである。

【0040】従って、本第2発明では、上記電解質の溶液を含む混合物中の電極主成分粒子には反応層に必要な

触媒が担持してなる。

【0041】混合物中の電極主成分粒子に触媒成分を担持する方法としては、コロイド法や含浸法等、従来より知られている方法でよく、電極主成分粒子に触媒成分を高分散で担持するのがよい。また、さらに構造修飾剤等の添加剤を電極主成分粒子に担持しておいてもよい。

【0042】上記混合物を塗布するのは一对のガス拡散電極のうちの少なくとも一方の電極であって、ガス拡散層単体とする。

【0043】その他の工程、操作は本第1発明と同様である。

【0044】本発明により製造した固体高分子電解質膜と電極との接合体は、燃料電池や水の電気分解装置等として利用することができる。

【0045】以下、本発明の実施例を説明する。

【0046】(実施例)

実施例1

空隙率が異なる2種類のガス拡散電極AまたはB(空隙率およびガス透過性は電極A>電極B)の表面にそれぞれ固体高分子電解質(ナフィオン)の溶液(アルドリッヂ製5重量%ナフィオン溶液)と電極主成分粒子(炭素粒子)との混合ペーストを塗布し、その後、塗布面に固体高分子電解質膜を置いてガス拡散電極と固体高分子電解質膜とをホットプレスして、接合体(電解質膜の片面のみに電極がある接合体)を形成した。また、上記混合ペーストの塗布の前に、電極の表面に固体高分子電解質(ナフィオン)の溶液を塗布し、以降上記と同様にして

電極	混合ペースト塗布前の 電解質溶液の塗布の有無	水中保存中および電極反応試験後の 接合体の電解質膜が剥離する割合	
		実施例	比較例
A	無	0%	0%
A	有	ほとんど0%	30%
B	無	0%	10%
B	有	10%	80%

【0052】表1より明らかなように、従来の単純なホットプレス法(比較例)では、空隙率の大きな電極(A)には電解質膜を安定に接合できるが、空隙率の小さい電極(B)には接合強度が低下するのに対して、本実施例では、両電極とも安定に電解質膜を接合していることが分かる。なお、比較例において、電極Bの表面に

接合体を形成することも行った。

【0047】また、比較のため、上記混合ペーストにおいて炭素粒子を含まないものを使用し、それ以外は上記と同様にして比較用の接合体を形成した。

【0048】なお、ガス拡散電極の接合面積、厚さ、反応層の厚さは、電極A、Bとも各々9cm²、約300μm、約1000μmとした。電極上にあらかじめ塗布する電解質の量は、電極1cm²当たり0.1~5mg(乾燥基準)、本発明の混合ペーストの配合組成は、炭素粒子10mg、電解質15mgとした。炭素粒子は、カーボンブラック(商品名Vulcan XC-72R)を使用した。また、固体高分子電解質膜はNAFION(商品名)であり、厚さは175μmとした。ホットプレスの条件は、100℃、100kg/cm²、3minとした。

【0049】上記本実施例の接合体と比較例の接合体について、水中保存中および電極反応試験後の電解質膜の剥離の有無と接合体の抵抗とを測定し、さらに電極反応試験により電気化学的酸素還元反応特性を評価した。

【0050】水中保存中および電極反応試験後の電解質膜の剥離の評価は、接合体を1~2日水中に保存した状態での剥離(形状変化)の割合を測定し、さらに下記に示す電極反応試験後さらに水中に保存した状態での電解質膜の剥離(形状変化)の割合を測定し、両割合の合計を求めた。その結果を表1に示す。

【0051】

【表1】

電極1cm²当たり2.5mg以上の混合ペーストを塗布すると電解質膜と電極とをホットプレスにより接合することはできなかった。

【0053】また、接合体の抵抗の結果を表2に示す。

【0054】

【表2】

ホットプレス接合圧力 (kg/cm ²)	接合体の電気抵抗 (Ω·cm ² 、20°C)	
	実施例	比較例
50	400	700
100	410	600
280	400	500

【0055】表2より明らかなように、従来の単純なホットプレス法（比較例）では、ホットプレス圧の低下とともに接合部分の接触抵抗が増大して抵抗が高くなる。それに対して、本実施例では、接合体の抵抗が小さく、ホットプレス圧が低くても十分接合していることが分かる。

【0056】また、電極反応試験による電気化学的酸素還元反応特性の評価は、接合体の電極に1気圧、20% O₂+80% N₂ガスを供給し、半電池法により酸素還

元反応特性（電極反応試験中の純抵抗、二重層容量、純抵抗補正後の電流一電位特性の変化）を測定した。純抵抗補正後の電流一電位特性の測定結果を図2に示す。なお、図2の符号の内容を表3に示す（混合ベーストにPtよりなる触媒を含有させた例以外は、拡散電極の反応層にすでに同量のPtが含まれている。）。

【0057】

【表3】

試料 No.	接合体		接合時に使用した 混合ベースト
	電極	電解質膜	
実施例 1	A	NAFION 117	10%Pt 搾持炭素40mg、電解液0.3ml
比較例 C1	A	NAFION 117	電解液0.3ml
実施例 2	B	NAFION 117	炭素10mg、電解液0.3ml
実施例 3	B	NAFION 117	10%Pt 搾持炭素20mg、電解液0.1ml
比較例 C2	B	NAFION 117	電解液0.3ml

【0058】電気化学的酸素還元反応特性の結果より、該酸素還元反応は、電極の空隙率に依存し、空隙率の大きい電極（A）に対しては、触媒活性の向上による電極電位の大幅な増大が観測された。空隙率が小さく、より緻密な構造を有する電極（B）に対しては、触媒活性の変化はより小さくなるが、電流密度の増加に伴い電極のガス拡散性能が改善されることにより分極が小さくなる。図2より明らかなように、本実施例では、電極反応に不活性な炭素粒子を介在させても電極特性は低下せず、物質移動特性の向上効果が見られた。

【0059】実施例2

20wt%Pt 搾持炭素粉末10mg（電極1cm²当たりのPt量は0.4mg）と固体高分子電解質（ナフイオン）の5wt%溶液0.1mlとを混合した混合ベーストを、ガス拡散電極のガス拡散層（カーボンベーパー）のみよりなる該ガス拡散層に塗布した。このガス拡

散層に混合ベーストを塗布したものを2組用意し、これらの間に固体高分子電解質膜を挟み、60～130°C、30～150kg/cm²でホットプレスすることにより接合体（単電池）を形成した。得られた単電池は、固体高分子電解質膜と電極との接合状態が良好であり、また、そのうちのいくつかは、現在試験や文献等により知られている最も高性能なものと同レベルの酸素還元反応特性を示した。一例として、60°C、H₂/O₂系（H₂圧力3kg/cm²、O₂圧力4kg/cm²）での単電池運転結果を図3に示す。

【図面の簡単な説明】

【図1】固体高分子電解質膜燃料電池を示す概念図

【図2】実施例における電解質膜と電極との接合体の電気化学的酸素還元反応特性を示す線図

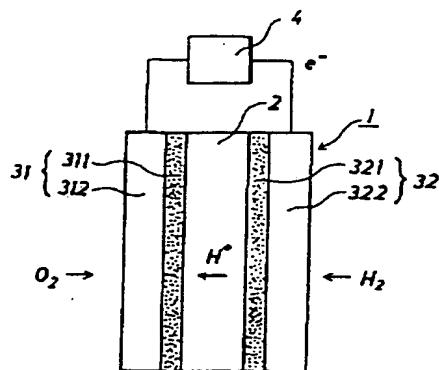
【図3】実施例における電解質膜と電極との接合体（単電池）の出力電圧を示す線図

【符号の説明】

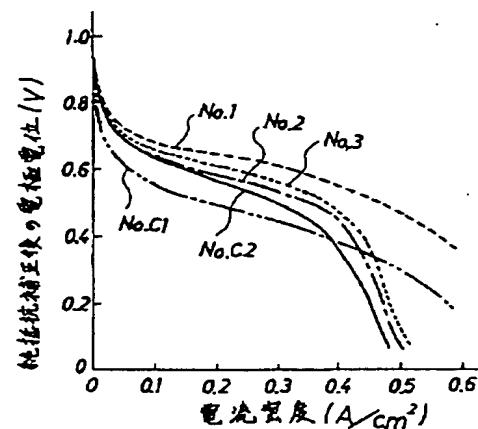
1 燃料電池本体
 2 固体高分子電解質膜
 3.1 ガス拡散電極
 3.2 ガス拡散電極

3.1.1 反応層
 3.1.2 ガス拡散層
 3.2.1 反応層
 3.2.2 ガス拡散層

【図1】



【図2】



【図3】

